

IMPLEMENTASI WIRELESS SENSOR NETWORK PADA SISTEM PEMANTAUAN DAN PENGONTROLAN BUDIDAYA TANAMAN PADA RUMAH KACA (*GREEN HOUSE*) BERBASIS WEBSITE

^[1]Muhammad Sabiran, ^[2]Dedi Triyanto, ^[3]Suhardi

^{[1][2][3]}Jurusan Sistem Komputer, Fakultas MIPA Universitas Tanjungpura

Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Pontianak

Telp./Fax.: (0561) 577963

e-mail:

^[1]sabiranmhd@gmail.com, ^[2]dedi.triyanto@siskom.untan.ac.id,

^[3]suhardi@siskom.untan.ac.id

Abstrak

Tanaman cabai merupakan salah satu tanaman yang sering mengalami fluktuasi harga. Jika ditinjau dari kajian ekonomi hal tersebut disebabkan perhitungan yang kurang pas. Jumlah persediaan cabai tidak sebanding dengan jumlah permintaan di pasar. Persediaan cabai yang kecil dikarenakan sering terjadinya gagal panen. Faktor cuaca menjadi penyebab utama hal tersebut dapat terjadi. Pada musim hujan, rasio kemungkinan gagal panen bagi petani cabai mencapai 100%. Untuk menyelesaikan permasalahan tersebut, digunakan sistem budidaya rumah kaca (green house). Keuntungan budidaya rumah kaca adalah dapat memanipulasi cuaca pada lingkungan budidaya, salah satunya adalah kelembaban tanah. Dengan budidaya rumah kaca, kelembaban tanah dapat dikontrol sesuai dengan kebutuhan tanaman. Proses pengontrolan menerapkan konsep Wireless Sensor Network (WSN) dimana komunikasi data yang dilakukan oleh perangkat keras dan perangkat lunak menggunakan media wireless (tanpa kabel). Perangkat keras yang digunakan adalah Wemos D1 R2 Mini, Sensor YL-69, Sensor DHT11, Sensor BH1750, Relay Module, dan Solenoid Valve. Perangkat lunak yang digunakan untuk membangun website adalah Bootstrap dan Laravel. Parameter proses pengontrolan kelembaban tanah adalah median dari rentang kelembaban tanah suatu tanaman. Tanaman yang dijadikan sampel penelitian adalah tanaman cabai dengan rentang kelembaban tanah yang ideal adalah 60-80%. Hasil pengujian untuk proses pengontrolan kelembaban tanah adalah sistem akan melakukan proses penyiraman apabila kondisi kelembaban tanah pada rentang 0-70% dan berhenti melakukan proses penyiraman apabila kondisi kelembaban tanah pada rentang 71-100%.

Kata kunci : *Wireless Sensor Network, Rumah Kaca, Application Programming Interface, Budidaya Tanaman*

1. PENDAHULUAN

Tanaman cabai merupakan salah satu tanaman yang sering mengalami fluktuasi harga. Menurut Bayu Krisnamurti (Ketua Perhimpunan Ekonomi Pertanian Indonesia (Perhepi)), penyebab fluktuasi harga cabai dari kajian ekonomi dikarenakan perhitungan yang kurang pas. Konsumsi cabai tidak hanya untuk rumah tangga melainkan juga untuk industri horeka (hotel, restoran, kafe), sedangkan pasokan cabai didapat dari petani yang sama. Hal itulah yang menyebabkan cabai terasa langka di pasaran. Kondisi ini disebabkan oleh jumlah persediaan

cabai yang tidak sebanding dengan jumlah permintaan dipasar [1]. Persediaan cabai yang kecil dikarenakan sering terjadinya gagal panen. Faktor cuaca menjadi penyebab utama hal tersebut terjadi. Menurut Yanuardi (Direktur Budidaya dan Pasca Panen Sayuran Kementerian Pertanian), penyebab meroketnya harga cabai terjadi lantaran intensitas curah hujan meningkat, sehingga berimbas pada merosotnya pasokan cabai dari petani [2]. Sejalan dengan Yanuardi, Bernard T. Wahyu Wiryanta (Pengamat Agribisnis, Anggota Dewan Pengurus Forum Kerjasama Agribisnis – FKA),

menyampaikan bahwa bulan-bulan dimana curah hujan tinggi seperti pada saat musim hujan merupakan malapetaka bagi para petani cabai. Pada musim tersebut, serangan cendrawan dan bakteri meningkat, kemudian diperparah dengan dengan sistem konvensional yang diterapkan oleh para petani. Jadi di musim hujan, rasio kemungkinan gagal panen bagi petani cabai mencapai 100% [3].

Permasalahan yang dipaparkan pada paragraf pertama adalah masalah cuaca dan sistem budidaya konvensional yang masih diterapkan oleh para petani. Untuk mengatasi permasalahan tersebut digunakan sistem budidaya tanaman dengan konsep Rumah Kaca (*green house*). Prinsip kerja dari *green house* adalah manipulasi cuaca pada lingkungan budidaya, salah satunya adalah pengaturan kelembaban tanah. Dengan dimanipulasinya cuaca, sehingga dimungkinkan untuk mengatur objek-objek pertumbuhan tanaman sesuai dengan yang diinginkan. Selain itu, konsep *green house* juga mengatasi sistem budidaya konvensional yang sangat bergantung pada cuaca yang ada di alam, seperti curah hujan. Namun, masalah lain muncul, di Indonesia sistem budidaya ini masih terbilang baru, sehingga banyak yang menggunakan *green house* dengan cara tradisional yakni sebagian besar bahkan seluruh pekerjaan masih dilakukan dengan bantuan tenaga manusia seperti proses penyiraman tanaman.

2. LANDASAN TEORI

2.1. Rumah Kaca

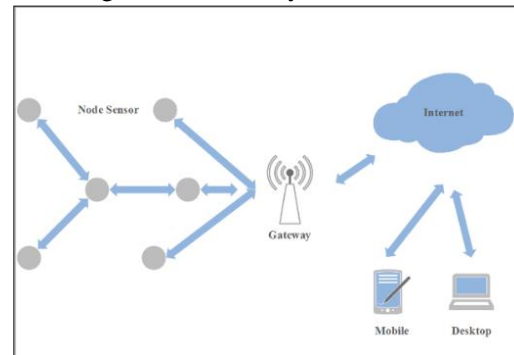
Rumah kaca merupakan sebuah bangunan tempat budidaya tanaman dengan pengaturan beberapa variabel di dalamnya agar sesuai dengan kebutuhan tumbuh kembang tanaman yang sedang dibudidayakan saat itu [4]. Salah satu variabel yang menjadi faktor tumbuh kembang tanaman adalah kelembaban tanah. Kelembaban tanah adalah jumlah air yang tersimpan di antara pori-pori tanah. Kelembaban tanah sangat dinamis, hal ini disebabkan oleh penguapan melalui permukaan tanah, transpirasi dan perlokasi [5].

Tanaman yang memiliki nilai jual cukup tinggi biasanya menjadi prioritas utama untuk diproduksi secara massal, salah satunya adalah tanaman cabai rawit dari jenis tanaman cabai-

cabaian. Tanaman Cabai Rawit tergolong dalam famili terung-terungan (*Solanaceae*). Cabai rawit berasal dari Meksiko, Peru dan Bolivia, tetapi sudah tersebar di seluruh dunia termasuk Indonesia. Tanaman cabai rawit memerlukan tanah yang memiliki tekstur lumpur berpasir atau liat berpasir, dengan struktur gembur. Kelembaban yang cocok untuk tanaman cabai rawit adalah 60%-80% [6].

2.2. Wireless Sensor Network

Wireless Sensor Network (WSN) adalah sebuah infrastruktur yang terdiri dari proses penginderaan (mengukur), komputasi, dan unsur-unsur komunikasi yang memberikan administrator kemampuan dalam proses instrumentasi, mengamati, dan bereaksi terhadap peristiwa dan fenomena dalam lingkungan yang telah ditetapkan [7]. Teknologi WSN merupakan suatu sistem terpadu yang terdiri dari sekelompok *node/modul* sensor terdistribusi dan terhubung pada suatu topologi jaringan dan berfungsi untuk mengekstrak dan berbagi informasi untuk diolah sesuai dengan kebutuhannya [8].



Gambar 1. Mekanisme *Wireless Sensor Network*

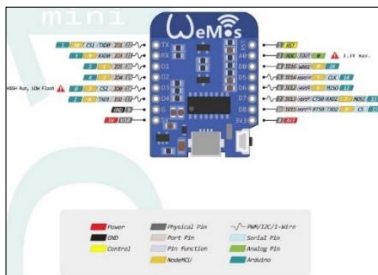
2.3. Application Programming Interface

Application Programming Interface (API) adalah fungsi-fungsi pemrograman yang disediakan oleh aplikasi atau layanan agar layanan tersebut bisa diintegrasikan dengan aplikasi yang dibuat oleh pengembang lain [9]. API adalah seperangkat aturan-aturan, protokol, dan alat untuk membangun aplikasi perangkat lunak. API menentukan bagaimana komponen perangkat lunak harus berinteraksi.

2.4. Wemos D1 R2 Mini

Wemos adalah *microcontroller* pengembangan berbasis modul *microcontroller* ESP8266. Wemos dibuat sebagai solusi dari

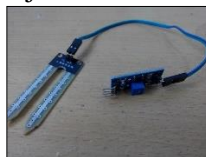
mahalnya sebuah sistem *wireless* berbasis *microcontroller* lainnya [10]. ESP8266 adalah sebuah *chip microcontroller* yang memiliki fitur *wifi* yang mendukung *stack* TCP/IP. Modul kecil ini memungkinkan *microcontroller* untuk terhubung dengan jaringan *wifi* dan membuat koneksi TCP/IP hanya dengan menggunakan *command* yang sederhana. Dengan *clock* 80 MHz, *chip* ini dibekali dengan 4MB Eksternal RAM, mendukung format IEEE 802.11 b/g/n sehingga tidak menyebabkan *interference* bagi yang lain. Mendukung enkripsi WEP, WPA sehingga menjadikan *chipset* ini sangat aman digunakan. *Chipset* ini memiliki 16 GPIO pin yang bekerja pada 3.3 Volt, 1 pin ADC dengan resolusi 10 bit.



Gambar 2. Wemos D1 R2 Mini Pinout (sumber : Prometec, 2017)

2.5. Soil Moisture Sensor YL-69

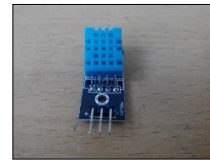
Sensor kelembaban tanah atau dalam istilah bahasa Inggris *soil moisture sensor* adalah jenis sensor kelembaban tanah yang mampu mendeteksi intensitas air di dalam tanah (*moisture*). Sensor ini berupa dua lempengan konduktor berbentuk pisau berbahan logam yang sangat sensitif terhadap muatan listrik dalam suatu media khususnya tanah. Kedua lempengan logam tersebut merupakan media yang akan menghantarkan tegangan analog berupa tegangan listrik yang nilainya relatif kecil berkisar antara 3,3 – 5 volt dan baru kemudian tegangan tersebut akan diubah menjadi tegangan digital untuk diproses lebih lanjut oleh sistem [11].



Gambar 3. Soil Moisture Sensor YL-69

2.6. Sensor DHT11

DHT11 merupakan sebuah sensor yang memiliki keluaran suhu dan kelembaban udara dalam bentuk data digital yang sudah dikalibrasi dengan kompleks. Sensor ini menggunakan teknik akuisisi sinyal digital eksklusif, teknologi penginderaan suhu & kelembaban udara, kehandalan yang tinggi, dan stabilitas dalam jangka panjang [12].



Gambar 4. Sensor DHT11

2.7. Sensor BH1750

Sensor B1750 adalah IC digital sebagai sensor intensitas cahaya dengan antarmuka bus I²C. Sensor ini sangat cocok untuk mendapatkan data intensitas cahaya pada berbagai resolusi yang tinggi yaitu kisaran 1 – 65535 lux [13].



Gambar 5. Sensor BH1750

2.8. Relay Module

Relay merupakan komponen elektronika yang memiliki fungsi yang hampir sama dengan saklar/*switch*, komponen ini bekerja sebagai saklar mekanik yang digerakkan oleh energi listrik. Relay yang biasa digunakan pada proyek-proyek yang berkaitan dengan *Internet of Thing (IoT)* terdiri dari beberapa relay yang digabung menjadi satu *board* yang biasa disebut dengan *relay module*. *Relay module* merupakan kumpulan dari beberapa relay yang dirangkai pada sebuah papan PCB (*Printed Circuit Board*). Relay dioperasikan dengan memberi tegangan 5 volt atau 0 volt pada kaki pengendaliannya [14].



Gambar 6. Relay Module 2-Channel

2.9. Solenoid Valve

Solenoid valve adalah katup yang digerakan oleh energi listrik, mempunyai kumparan sebagai penggerakanya yang berfungsi untuk menggerakkan katup magnet yang dapat digerakan oleh arus AC maupun DC [15].



Gambar 7. Solenoid Valve

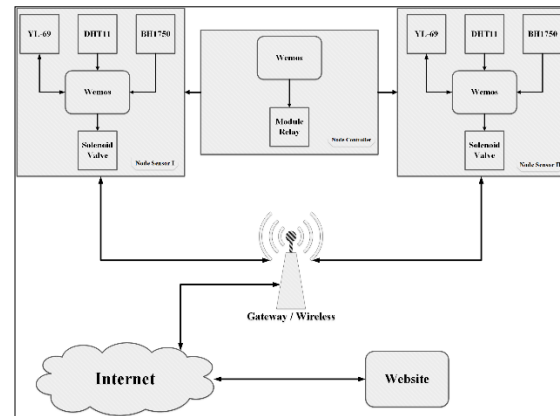
3. METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian dimulai dengan studi literatur yang berfungsi untuk mengumpulkan informasi berupa teori-teori pendukung yang akan digunakan dalam penelitian. Setelah itu dilanjutkan metode pengumpulan data berupa metode observasi untuk mengamati dan mencatat secara sistematis terhadap gejala yang tampak pada objek penelitian. Selanjutnya dilakukan tahap analisa kebutuhan sistem, yang terdiri dari analisa kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak. Berdasarkan hasil analisa kebutuhan sistem, dilakukan proses perancangan sistem yang melibatkan komponen perangkat keras dan perangkat lunak. Setelah selesai proses perancangan, maka akan dilanjutkan pada proses integrasi dan implementasi sistem. Tahap terakhir yang dilakukan adalah proses pengujian sistem, mulai dari pengujian modul-modul sensor, *node sensor*, *node controller*, hingga pengujian keseluruhan sistem.

4. PERANCANGAN SISTEM

Perancangan sistem yang akan dilakukan terdiri dari perancangan perangkat keras dan perangkat lunak. Perancangan perangkat keras terdiri dari perancangan komponen pada *node sensor* dan *node controller*. Komponen-komponen yang terdapat pada *node sensor* antara lain, wemos, sensor kelembaban tanah, sensor suhu dan kelembaban udara, sensor cahaya, serta solenoid valve. Pada *node controller*, komponen yang digunakan adalah wemos dan module relay. Perancangan perangkat lunak terdiri dari perancangan *database*, perancangan *Data Flow Diagram* (DFD), perancangan antarmuka *website*, dan perancangan modul-modul *Application Programming Interface* (API). Secara umum perancangan sistem pemantauan

dan pengontrolan budidaya tanaman pada rumah kaca dengan teknologi WSN dapat dilihat pada Gambar 8.

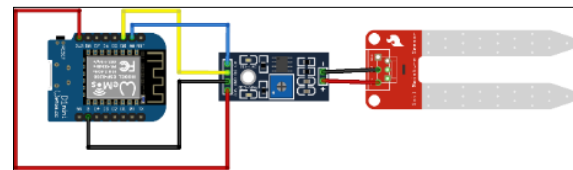


Gambar 8. Diagram Blok Sistem

4.1. Perancangan Perangkat Keras

4.1.1. Perancangan Sensor YL-69 dengan Wemos

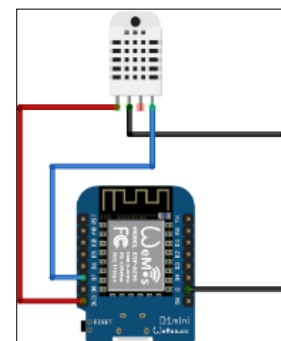
Perancangan sensor YL-69 dengan wemos berfungsi untuk melakukan proses *sensing* terhadap kelembaban tanah yang didapat oleh tanaman.



Gambar 9. Perancangan Sensor YL-69 dengan Wemos

4.1.2. Perancangan Sensor DHT11 dengan Wemos

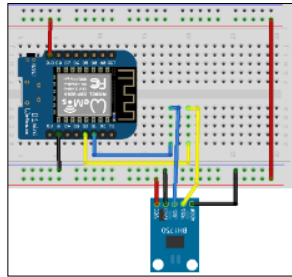
Perancangan sensor DHT11 dengan wemos untuk melakukan proses *sensing* terhadap suhu dan kelembaban udara yang didapat oleh tanaman.



Gambar 10. Perancangan Sensor DHT11 dengan Wemos

4.1.3. Perancangan Sensor BH1750 dengan Wemos

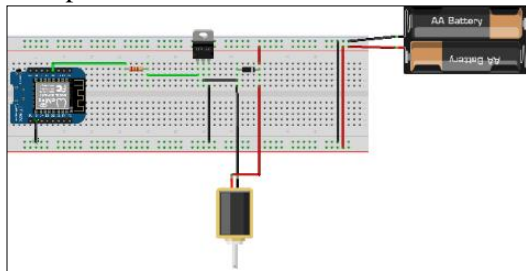
Perancangan sensor BH1750 dengan wemos berfungsi untuk melakukan proses *sensing* terhadap intensitas cahaya oleh tanaman.



Gambar 11. Perancangan Sensor BH1750 dengan Wemos

4.1.4. Perancangan Solenoid Valve dengan Wemos

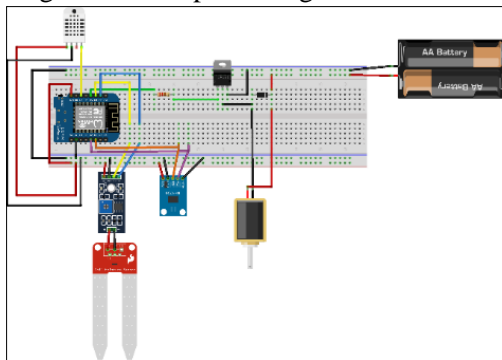
Perancangan *solenoid valve* dengan wemos berfungsi untuk melakukan proses pengontrolan terhadap nilai kelembaban tanah.



Gambar 12. Perancangan Solenoid Valve dengan Wemos

4.1.5. Perancangan Komponen Node Sensor

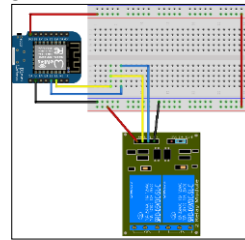
Perancangan *node sensor* berfungsi untuk melakukan proses pemantauan nilai masing-masing sensor dan pengaturan kondisi kelembaban tanah. Perancangan *node sensor* merupakan gabungan dari perancangan masing-masing sensor dan perancangan *solenoid valve*.



Gambar 13. Perancangan Node Sensor

4.1.6. Perancangan Komponen Node Controller

Perancangan *node controller* berfungsi untuk melakukan proses pengontrolan terhadap masing-masing *node sensor*.

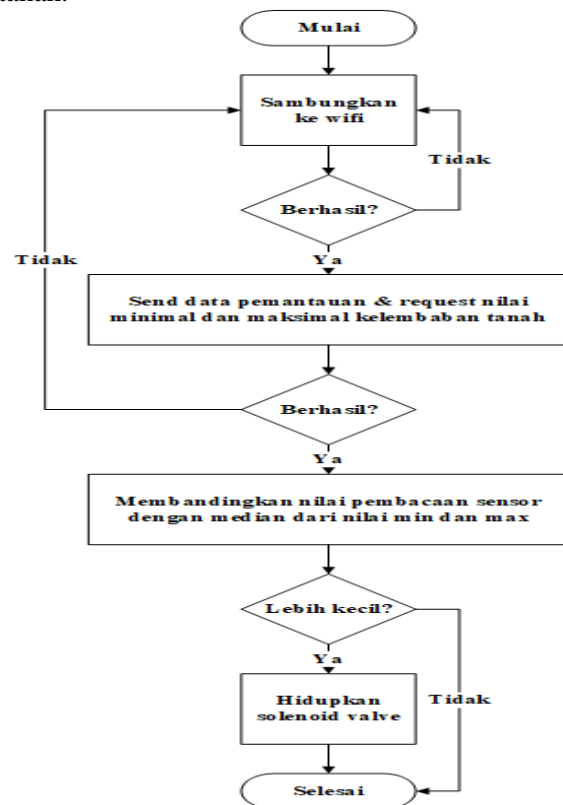


Gambar 14. Perancangan Node Controller

4.2. Perancangan Perangkat Lunak

4.2.1. Perancangan Kode Program Node Sensor

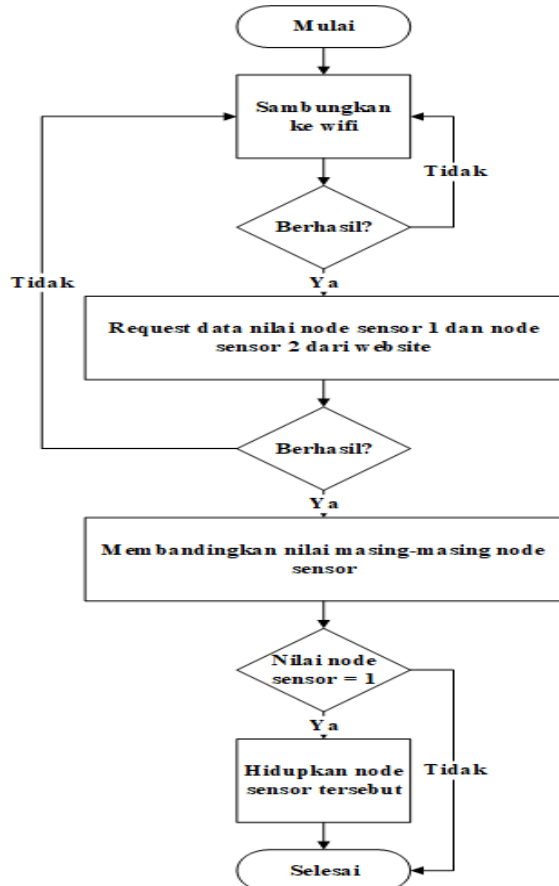
Pada *node sensor* alur sistem melibatkan dua proses sekaligus, yaitu proses *send data* dan *request data*. Alur tersebut bersifat dua arah, dimana setelah proses *send data* dilakukan ke *website*, *website* akan memberikan *feedback* ke *node sensor* berupa pengiriman data minimal dan maksimal kelembaban tanah pada suatu tanaman tertentu. Dari data nilai minimal dan maksimal yang didapatkan dari *website*, akan dicari rata-rata dari rentang pengaturan kondisi kelembaban tanah.



Gambar 15. Alur Program Node Sensor

4.2.2. Perancangan Kode Program *Node Controller*

Pada *node controller*, alur sistem hanya melibatkan proses *request data* dari *website*. Alur tersebut hanya bersifat satu arah, dimana hanya satu proses yang dilakukan, tidak ada proses *feedback* ke *website*.



Gambar 16. Alur Program Node Controller

4.2.3. Perancangan Modul-modul API

Pada penelitian ini, API digunakan untuk proses komunikasi antara komponen perangkat keras dan perangkat lunak (*website*). Adapun API yang dibutuhkan dalam proses komunikasi tersebut adalah sebagai berikut :

- API untuk proses monitoring atau pemantauan
- API kode alat masing-masing perangkat
- API pengontrolan nilai minimum (*min*)
- API pengontrolan nilai maksimum (*max*)
- API pengontrolan nilai *node sensor 1*
- API pengontrolan nilai *node sensor 2*

5. IMPLEMENTASI, PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

5.1. Implementasi Perangkat Keras

5.1.1. Komponen *Node Sensor*

Komponen-komponen pada *node sensor* merupakan gabungan dari *microcontroller* (*wemos*), sensor-sensor, dan *solenoid valve*. *Wemos* bertindak sebagai otak dari segala proses yang dilakukan.



Gambar 17. Komponen-komponen Node Sensor

Node sensor merupakan bagian dari sistem yang berfungsi untuk melakukan proses pemantauan kondisi kelembaban tanah, suhu, kelembaban udara, dan intensitas cahaya, sekaligus melakukan pengaturan kondisi kelembaban tanah sesuai dengan nilai minimal dan maksimal dari tanaman yang ditanam. Peranan dari *node sensor* sangat penting bagi terlaksana sistem pemantauan dan pengontrolan budidaya tanaman berbasis *website*.

5.1.2. Komponen *Node Controller*

Komponen yang terdapat pada *node controller* lebih sedikit dibandingkan pada *node sensor*, hal ini dikarenakan kerja yang dilakukan oleh *node controller* tidak terlalu kompleks jika dibandingkan dengan *node sensor*. *Node controller* hanya bertugas untuk melakukan proses *On/Off* setiap *node sensor* yang dikontrol.



Gambar 18. Komponen-komponen Node Controller

5.2. Implementasi Perangkat Lunak

5.2.1. Kode Program *Node Sensor*

Program utama pada *node sensor*, yaitu melakukan *send data* yang didapat masing-masing sensor ke *website*.

```
String url = "/api/monitoring/sensor1/"; //pemilihan node sensor disesuaikan
url += kode_alat;
url += "/";
url += soil;
url += "/";
url += temp;
url += "/";
url += hum;
url += "/";
url += lux;

//proses pengiriman data (send data to website)
client.print(String("GET ") + url + " HTTP/1.1\r\n" + "Host: " + host + "\r\n"
+ "Connection: close\r\n\r\n");
unsigned long timeout = millis();
```

Gambar 19. Kode Program Utama Node Sensor

5.2.2. Kode Program Node Controller

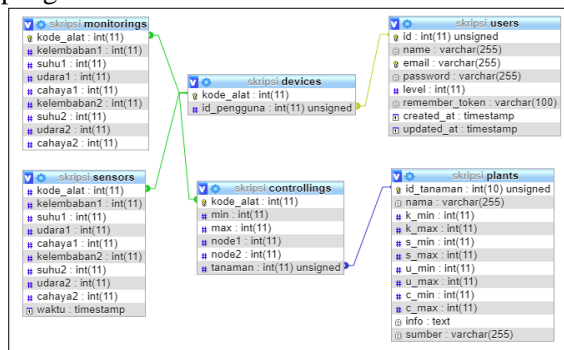
Program utama pada *node controller* hanya melakukan *request* data dari *website* untuk selanjutnya diolah sesuai kebutuhan.

```
if (node < 1){
    digitalWrite(CH, HIGH);
    Serial.println("Node Sensor Tidak Aktif");
} else {
    digitalWrite(CH, LOW);
    Serial.println("Node Sensor Aktif");
}
```

Gambar 20. Kode Program Utama Node Controller

5.2.3. Database

Pada penelitian ini, terdapat 6 tabel yang digunakan dalam proses pemantauan dan pengontrolan.



Gambar 21. Database

Tabel-tabel yang digunakan antara lain *users*, *devices*, *monitorings*, *controllings*, dan *plants*. Tabel-tabel tersebut saling berhubungan antara satu dengan yang lainnya. Tabel induk dari tabel-tabel tersebut adalah tabel *users*, dimana satu *user* atau pengguna memiliki kode alat masing-masing yang memungkinkan setiap

pengguna melakukan proses pemantauan dan pengontrolan secara bersama-sama tanpa bertukar data dari pengguna yang satu dengan pengguna yang lainnya.

5.2.4. Application Programming Interface (API)

Pada penelitian ini, API yang digunakan untuk proses komunikasi dari perangkat lunak dan perangkat keras antara lain API kode alat (*devices*), monitoring (*monitorings*), kontrol (*controllings*), nilai minimal dan maksimal (*min & max*), kondisi setiap *node sensor*, dan tanaman (*plants*).

5.3. Pengujian

5.3.1. Pengujian Sensor YL-69

Proses kalibrasi pada sensor YL-69 dilakukan dengan mengukur nilai sensor pada kondisi yang berbeda yaitu pada kondisi kering, kondisi cukup lembab dan kondisi basah. Pengukuran dilakukan lebih dari satu kali untuk mendapatkan data yang akurat.

Kelembaban Tanah ke-9 : 676	Kelembaban Tanah ke-70 : 617	Kelembaban Tanah ke-55 : 53
Kelembaban Tanah ke-10 : 691	Kelembaban Tanah ke-71 : 617	Kelembaban Tanah ke-56 : 53
Kelembaban Tanah ke-11 : 697	Kelembaban Tanah ke-72 : 623	Kelembaban Tanah ke-57 : 53
Kelembaban Tanah ke-12 : 701	Kelembaban Tanah ke-73 : 621	Kelembaban Tanah ke-58 : 53
Kelembaban Tanah ke-13 : 705	Kelembaban Tanah ke-74 : 621	Kelembaban Tanah ke-59 : 53
Kelembaban Tanah ke-14 : 710	Kelembaban Tanah ke-75 : 620	Kelembaban Tanah ke-60 : 53
Kelembaban Tanah ke-15 : 716	Kelembaban Tanah ke-76 : 646	Kelembaban Tanah ke-61 : 53
Kelembaban Tanah ke-16 : 715	Kelembaban Tanah ke-77 : 667	Kelembaban Tanah ke-62 : 53
Kelembaban Tanah ke-17 : 715	Kelembaban Tanah ke-78 : 664	Kelembaban Tanah ke-63 : 53
Kelembaban Tanah ke-18 : 716	Kelembaban Tanah ke-79 : 666	Kelembaban Tanah ke-64 : 53
Kelembaban Tanah ke-19 : 723	Kelembaban Tanah ke-80 : 669	Kelembaban Tanah ke-65 : 53

(a) (b) (c)

Gambar 22. Data Kalibrasi Sensor YL-69, (a) Kondisi Tanah Kering, (b) Kondisi Tanah Cukup Lembab, (c) Kondisi Tanah Sangat Lembab

Berdasarkan Gambar 22. terdapat tiga data yang menunjukkan hasil pembacaan dari sensor YL-69, mulai dari kondisi kering, sedikit lembab, dan sangat lembab (basah). Data-data tersebut menunjukkan pembacaan nilai *byte* dari keluaran ADC. Untuk mencari nilai minimum dan maksimum dari pembacaan sensor adalah dengan mencari selisih dari maksimum pembacaan *byte* (1023) dengan nilai pembacaan pada masing-masing kondisi. Untuk mencari nilai minimum menggunakan pembacaan pada kondisi kering, sedangkan untuk mencari nilai maksimum menggunakan pembacaan pada kondisi sangat lembab (basah). Sehingga hasil yang diperoleh adalah pada kondisi kering: $1023 - 723 = 300$, dan kondisi sangat lembab (basah): $1023 - 53 = 970$. Data tersebut dijadikan referensi proses kalibrasi sensor YL-69 yang memiliki rentang pengukuran 300 – 970.

5.3.2. Pengujian Sensor DHT11

Untuk proses kalibrasi sensor DHT11, pada penelitian ini menggunakan *Mini Digital Thermometer & Hygrometer*. Pengujian suhu dan kelembaban udara dilakukan dalam skala ruang. Adapun hasil pengujian ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Pengukuran Suhu dan Kelembaban Udara

No	Pengukuran							
	Suhu				Kelembaban Udara			
	NS	AU	S	E	NS	AU	S	E
1	28,0	28,0	0	0	65	65	0	0
2	28,0	28,0	0	0	65	65	0	0
3	28,0	28,0	0	0	65	65	0	0
4	28,0	28,0	0	0	65	65	0	0
5	28,0	28,0	0	0	65	65	0	0
6	29,0	28,1	0,9	3,1	79	79	0	0
7	29,0	28,1	0,9	3,1	79	79	0	0
8	29,0	28,1	0,9	3,1	79	79	0	0
9	29,0	28,1	0,9	3,1	77	79	2	2,59
10	29,0	28,1	0,9	3,1	77	79	2	2,59
	E _(rata-rata)			1,55	E _(rata-rata)			0,518

Keterangan :

- NS : Nilai Sensor
- AU : Alat Ukur
- S : Selisih
- E : Error (100%)
- E_(rata-rata) : Error Rata-rata

5.3.3. Pengujian Sensor BH1750

Proses kalibrasi sensor BH1750 menggunakan *Luxmeter* sebagai alat standar pengukuran intensitas cahaya. Pengujian sensor BH1750 dilakukan pada dua kondisi, yaitu kondisi cahaya redup dan cahaya terang. Untuk mengetahui secara detail perbandingan hasil pembacaan sensor BH1750 dan *Luxmeter* dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Pengukuran Intensitas Cahaya

No	Pengukuran							
	Cahaya Redup				Cahaya Terang			
	NS	AU	S	E	NS	AU	S	E
1	22	22	0	0	98	99	1	1,02

2	21	22	1	4,76	98	98	0	0
3	21	21	0	0	99	101	2	2,02
4	23	24	1	4,35	99	99	0	0
5	24	23	1	4,167	98	99	1	1,02
	E _(rata-rata)			2,6554	E _(rata-rata)			0,812

Keterangan :

- NS : Nilai Sensor
- AU : Alat Ukur
- S : Selisih
- E : Error (100%)
- E_(rata-rata) : Error Rata-rata

5.3.4. Pengujian Respon Solenoid Valve

Tabel 3. Respon Solenoid Valve dalam Proses Penyiraman

Percobaan ke-	GSM 1 (detik)	GSM 2 (detik)	Wifi (detik)
1	4	18	12
2	6	15	9
3	7	27	22
4	8	5	9
5	9	10	10
6	10	4	11
7	9	9	10
8	10	11	22
9	10	20	11
10	9	6	12
Rata-rata	8,2	12,5	12,8

Tabel 3. merupakan tabel pengujian respon *solenoid valve* terhadap perintah logika penyiraman yang dikirim oleh *microcontroller*. Proses pengujian tersebut memperhatikan akses internet yang didapat oleh *node sensor*, hal ini dikarenakan *node sensor* membutuhkan data nilai *min* dan *max* dari kelembaban tanah yang dikirim menggunakan akses internet.

5.3.5. Pengujian Respon On/Off Node Sensor

Tabel 4. Respon On/Off Node Sensor

Percobaan ke-	GSM 1 (detik)	GSM 2 (detik)	Wifi (detik)
1	3	5	3
2	2	18	5
3	3	8	3
4	4	3	2
5	1	11	3
6	5	3	1
7	1	4	4
8	4	7	4
9	1	2	6
10	5	1	2
Rata-rata	2,9	6,2	3,2

5.3.6. Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian keseluruhan sistem merupakan pengujian terakhir yang dilakukan untuk memastikan sistem bekerja sesuai dengan yang diharapkan. Pada tahap ini, proses pengujian merupakan gabungan dari proses-proses

pengujian yang dilakukan sebelumnya. Proses pengujian melibatkan *node sensor*, *node controller*, *gateway (wifi)*, dan *base station controller (website)*. Adapun hasil dari pengujian keseluruhan sistem ditunjukkan pada tabel 5.

Tabel 5. Data Pengujian Keseluruhan Sistem

No	Node Sensor 1					Node Sensor 2				
	T ₁ (%)	S ₁ (°C)	U ₁ (%)	C ₁ (lux)	Kran ₁	T ₂ (%)	S ₂ (°C)	U ₂ (%)	C ₂ (lux)	Kran ₂
Pengujian ke-1										
1	40	34	65	27102	ON	42	33	64	27100	ON
2	49	33	63	26877	ON	51	33	64	27214	ON
3	51	32	55	27110	ON	48	33	58	26958	ON
4	48	33	59	28011	ON	57	33	55	27130	ON
5	59	33	56	27855	ON	58	33	57	27212	ON
6	64	33	58	28113	ON	61	32	55	27011	ON
7	60	33	60	28875	ON	66	32	54	27007	ON
8	62	33	61	27743	ON	72	33	56	27208	OFF
9	73	33	57	28888	OFF	78	33	59	28113	OFF
10	76	33	55	29186	OFF	74	34	73	28783	OFF
Pengujian ke-2										
1	43	34	58	27010	ON	42	34	57	27012	ON
2	48	34	58	27110	ON	46	34	57	27200	ON
3	52	34	57	27564	ON	45	34	57	27011	ON
4	49	34	57	27133	ON	54	34	57	27212	ON
5	57	34	55	27223	ON	60	34	56	27511	ON
6	64	34	59	27877	ON	66	33	60	26700	ON
7	70	33	61	27200	ON	72	33	68	26888	OFF
8	74	33	60	26988	OFF	74	34	58	27012	OFF
9	72	34	59	27100	OFF	72	34	58	27100	OFF
10	71	34	58	27200	OFF	70	34	57	27888	ON
Pengujian ke-3										
1	64	29	66	11763	ON	53	30	63	15431	ON
2	69	29	66	7892	ON	69	30	62	19310	ON
3	65	30	67	14944	ON	64	29	63	23285	ON
4	61	30	65	13762	ON	65	30	63	19801	ON
5	63	30	66	13222	ON	59	30	64	19630	ON
6	68	29	63	13206	ON	66	30	62	20418	ON
7	74	30	64	15670	OFF	72	30	62	21911	OFF
8	72	30	63	16375	OFF	70	30	64	24100	ON
9	70	32	64	15813	ON	72	30	63	24102	OFF
10	72	31	60	14885	OFF	71	32	63	21071	OFF
Pengujian ke-4										
1	60	29	63	15638	ON	58	29	64	10275	ON
2	64	30	63	14235	ON	61	30	64	11235	ON
3	58	28	65	13455	ON	67	28	62	10197	ON
4	64	29	63	13212	ON	63	29	63	10564	ON
5	63	30	63	13648	ON	70	29	63	10076	ON
6	67	29	65	13705	ON	57	28	62	10546	ON
7	74	29	66	11470	OFF	68	28	60	10578	ON
8	72	30	65	11865	OFF	73	29	61	9985	OFF
9	70	30	65	11423	ON	77	29	62	10032	OFF

10	71	30	64	8843	OFF	71	29	63	11234	OFF
Pengujian ke-5										
1	68	30	63	9360	ON	68	30	66	10184	ON
2	70	30	62	10108	ON	66	29	65	10620	ON
3	69	30	63	9890	ON	69	29	63	10325	ON
4	71	30	62	10702	OFF	72	29	64	11093	OFF
5	69	30	63	10923	ON	70	30	62	11206	ON
6	65	30	60	11484	ON	69	30	60	11237	ON
7	69	30	63	12264	ON	74	30	62	11555	OFF
8	72	30	62	12811	OFF	70	29	63	13030	ON
9	71	28	62	13841	OFF	72	29	64	14040	OFF
10	72	30	63	14252	OFF	74	29	63	15284	OFF
Pengujian ke-6										
1	60	30	62	10316	ON	65	29	65	15480	ON
2	67	30	62	8454	ON	63	29	64	16360	ON
3	68	30	64	10192	ON	66	29	63	17564	ON
4	66	30	63	11777	ON	70	30	62	21014	ON
5	70	30	64	16131	ON	75	30	63	24527	OFF
6	73	30	62	16213	OFF	72	30	63	24771	OFF
7	71	31	60	16494	OFF	70	30	63	24003	ON
8	77	31	61	15733	OFF	78	30	63	22331	OFF
9	75	31	61	14014	OFF	75	30	61	20036	OFF
10	74	31	61	11763	OFF	71	30	62	15431	OFF

Keterangan :

- T_1 = Kelembaban Tanah pada Node Sensor 1
- S_1 = Suhu pada Node Sensor 1
- U_1 = Kelembaban Udara pada Node Sensor 1
- C_1 = Intensitas Cahaya pada Node Sensor 1
- $Kran_1$ = Status Kran pada Node Sensor 1
- T_2 = Kelembaban Tanah pada Node Sensor 2
- S_2 = Suhu pada Node Sensor 2
- U_2 = Kelembaban Udara pada Node Sensor 2
- C_2 = Intensitas Cahaya pada Node Sensor 2
- $Kran_2$ = Status Kran pada Node Sensor 2

6. PENUTUP

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan pada tahapan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan:

1. Pada penelitian ini telah dibuat perangkat yang dapat melakukan proses pemantauan dan pengontrolan budidaya tanaman pada rumah kaca menggunakan teknologi WSN berbasis *website*.
2. Proses pemantauan yang dilakukan oleh *node sensor* dapat memberikan informasi nilai kelembaban tanah, suhu, kelembaban udara, dan intensitas cahaya yang diterima oleh tanaman. Informasi tersebut disajikan pada antarmuka *website*.

3. *Node sensor* dapat melakukan proses pengaturan kelembaban tanah sesuai dengan perbandingan nilai pembacaan sensor dan nilai *median* dari rentang nilai minimal dan maksimal dari kelembaban tanah suatu tanaman.
4. Pada uji coba menggunakan tanaman cabai, sistem seluruhnya telah bekerja dengan baik dalam melakukan proses pemantauan dan pengontrolan dimana pada kondisi kelembaban tanah pada rentang 0-70%, maka sistem akan melakukan proses penyiraman, dan akan menghentikan proses penyiraman jika kondisi kelembaban tanah pada rentang 71-100%.

6.2. Saran

Saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah:

1. Dapat dibuat aplikasi berbasis *mobile* sehingga memudahkan pengguna dalam melakukan proses pengontrolan tanpa perlu melalui *browser*.
2. Disarankan menggunakan sensor kelembaban tanah dengan tipe yang lain sebagai bahan perbandingan.
3. Disarankan untuk penelitian selanjutnya menggunakan tipe tanah yang lain sebagai

bahan perbandingan untuk pembacaan sensor.

REFERENSI

- [1] B. Krisnamurti, "Apa Penyebab Harga Cabai Sering Naik Turun?," Kumparan, 23 Mei 2017. [Online]. Available: <https://kumparan.com/@kumparannews/ap-a-penyebab-harga-cabai-sering-naik-turun>.
- [2] Yanuardi, "Masalah Klasik Harga Cabai Mahal, Ini Solusinya," 23 October 2016. [Online]. Available: <http://finance.detik.com/berita-ekonomi-bisnis/d-3327450/masalah-klasik-harga-cabai-mahal-ini-solusinya>.
- [3] B. T. W. Wiryanta, "Fluktuasi Harga Cabai Sudah dari Zaman Orde Baru," 12 January 2017. [Online]. Available: https://www.kompasiana.com/bernard_wahyuyahoocom/fluktuasi-harga-cabai-sudah-dari-zaman-orde-baru_58768472707a612b058b4586.
- [4] T. K. Hariadi, "Sistem Pengendali Suhu, Kelembaban dan Cahaya dalam Rumah Kaca," *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik*, pp. 82-93, 2007.
- [5] S. Sudarmadil, *Hidrologi Dasar*, Yogyakarta: Diklat Kuliah, Fakultas Geografi, UGM, 1997.
- [6] B. Cahyono, *Cabai Rawit : Teknik Budi Daya & Analisis Usaha Tani*, Kanisius, 2003.
- [7] K. S. T. Z. Daniel Minoli, *Wireless Sensor Networks (Technology, Protocols, and Applications)*, Canada: John Wiley & Sons, Inc., 2007.
- [8] I. G. S. M. I. W. Kasirah, *Rancangan Smart Greenhouse dengan Teknologi Mobile untuk Efisiensi Tenaga (50%), Waktu (75%), dan Biaya (15%) dalam Pengelolaan Tanaman*, Universitas Mayjen Sungkono, 2010.
- [9] A. T. Kusuma, "Aplikasi Pendukung Keputusan Panduan Wisata berbasis Mobile menggunakan Metode Pencarian Buta dan Terbimbing (Studi Kasus : Kota Pontianak)," *Jurnal Coding, Sistem Komputer Untan*, 2016.
- [10] D. Andrian, "Landasan Teori Wemos," 2017.
- [11] V. R. Juniardy, "Prototype Alat Penyemprot Air Otomatis pada Kebun Pembibitan Sawit Berbasis Sensor Kelembaban dan Mikrokontroler AVR Atmega8," *Jurnal Coding Sistem Komputer Universitas Tanjungpura*, 2014.
- [12] Datasheet, DHT11 Humidity & Temperature Sensor, UK: D-Robotics, 2010.
- [13] Datasheet, BH1750FVI - Digital 16bit Serial Output Type Ambient Light Sensor IC, ROHM, 2011.
- [14] S. Tomasua, "Sistem Kendali dan Monitoring Penggunaan Peralatan Listrik di Rumah menggunakan Raspberry Pi dan Web Service," *Jurnal Coding Sistem Komputer Universitas Tanjungpura*, p. 86, 2016.
- [15] Megawati, "Prototipe Alat Penjernih Air Sumur Otomatis berbasis Mikrokontroler Atmega 8535," *Jurnal Coding Sistem Komputer Universitas Tanjungpura*, p. 12, 2016.